

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

道路工程测量 实验实习指导

李超 编

DAOLU GONGCHENG CELIANG SHIYAN SHIXI ZHIDAO

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

道路工程测量实验实习指导

李超 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

道路工程测量实验实习指导/李超编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015.9

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-18324-1

I. ①道… II. ①李… III. ①道路测量-高等学校-教学参考资料 IV. ①U412.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 175852 号

《道路工程测量实验实习指导》系根据道路工程测量教学大纲和道路工程测量课程综合实习大纲内容编写的, 遵照理论联系实际的原则, 突出了其实用性、先进性、创新性和与时俱进性。本书内容涉及工程测量实验一般要求、水准测量、角度测量、距离测量、控制测量、全站仪、工程测量、综合工程测量实习指导等 8 个部分, 包括 13 个基本实验项目、7 个工程测量分解实验项目和 1 个道路工程测量综合实验实施方案。每个实验项目内容包括基本理论、操作方法以及实验用报告图表等, 对于测量实验的有效开展具有良好的指导作用。各专业在使用本书时可根据学时数选择实验项目和内容来完成, 或根据教学内容和仪器设备条件灵活安排。

本书可与同样由中国建筑工业出版社出版的《道路工程测量》(ISBN 978-7-112-17638-0) 一书配合使用。

* * *

责任编辑: 王磊

责任设计: 李志立

责任校对: 陈晶晶 姜小莲

高校土木工程专业规划教材
道路工程测量实验实习指导
李超 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7¼ 字数: 178 千字

2015 年 8 月第一版 2015 年 8 月第一次印刷

定价: 20.00 元

ISBN 978-7-112-18324-1
(27566)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

我国交通基础设施飞速发展，道路工程量巨大，需要大量的道路与桥梁工程专业人才。工程测量是道路与桥梁专业的主干专业课程，经历了一个较长的发展历程，已具备较为完善的知识结构体系和相对成熟的教学模式。然而，随着工程教育由科学化模式向技术化模式转变，其传统知识结构与教学模式存在诸多与工程教育发展趋势不相适应之处。

为了使人才培养模式更好的适应经济社会发展的需要，本书以测量学为基本理论依据，以道路工程建设为主线，系统详细的介绍道路工程测量相关的实验项目，主要内容涉及水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差、全站仪及其操作、小地区控制测量、大比例尺地形图的绘制、道路中线测量、道路纵、横断面测量、道路施工测量等。本书由山东交通学院李超博士独立撰写，力求反映道路工程测量最新规范的内容，在讲清基础知识的同时，反映新技术的应用，重视实践技能的培养和基础知识应用能力的训练。采用项目化体例编写，按照知识体系编写每个实验项目。项目内分为知识和任务两个部分，知识为必要基础知识以及实验方法的介绍，任务为从实际工程问题中抽象出来的某项实验。各实验项目后附有实验报告以及实验数据记录表等相关资料。

本书的出版受山东省自然科学基金项目（ZR2012EEL29）、山东省高等学校科技计划项目（J12LG04）、山东交通学院教育研究与教学改革项目（JG201310）和山东省特色专业建设专项经费的资助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请有关专家和读者提出宝贵建议，以便进一步改善。

目 录

第一部分	工程测量实验一般要求	1
第二部分	水准测量	3
实验一	水准仪的认识及使用	3
实验二	普通水准测量	9
实验三	水准仪的检验与校正	14
实验四	自动安平水准仪的认识与使用	18
第三部分	角度测量	21
实验五	DJ ₂ 型光学经纬仪的认识与使用	21
实验六	水平角的观测	25
实验七	竖直角观测	30
第四部分	距离测量	33
实验八	钢尺量距与直线定向	33
实验九	视距测量	37
第五部分	控制测量	39
实验十	导线测量	39
实验十一	四等水准测量	45
第六部分	全站仪	49
实验十二	全站仪的认识与使用	49
实验十三	全站仪坐标测量及放样	52
第七部分	工程测量	55
实验十四	经纬仪测图	55
实验十五	圆曲线主点测设	60
实验十六	切线支距法测设圆曲线	63
实验十七	偏角法测设圆曲线	68
实验十八	带缓和曲线平曲线主点测设	73
实验十九	切线支距法测设带缓和曲线的平曲线	78
实验二十	偏角法测设带缓和曲线的平曲线	84
第八部分	综合工程测量实习指导	90
第一节	测量教学实习的特点与实习方案的制订	90
第二节	测量教学实习的准备工作	94
第三节	图根控制测量	97
第四节	地形图测绘	102
第五节	路线设计与测量	105
第六节	测量教学实习的技术总结	107
附件	测量实习技术总结报告	109

第一部分 工程测量实验一般要求

道路工程测量的理论教学、实验教学和实习教学是本课程的三个重要的教学环节。坚持理论与实践的紧密结合,认真进行测量仪器的操作应用和测量实践训练,才能真正掌握道路工程测量的基本原理和基本技术方法。

一、工程测量实验目的

1. 验证、巩固课堂所学的知识。
2. 熟悉测量仪器的构造和使用方法,培养学生进行测量工作的基本操作技能,使学到的理论与实践紧密结合。

二、工程测量实验一般要求

1. 在实验或实习课前,应复习教材中的有关内容,认真仔细地预习实验或实习指导书,明确目的要求、方法步骤及注意事项,以保证按时完成实验和实习任务中的相应项目。

2. 实习分小组进行,组长负责组织和协调实习工作,办理仪器工具的借领和归还手续。每人都必须认真、仔细地操作,培养独立的工作能力和严谨的科学态度,同时要发扬互相协作精神。实验或实习应在规定时间内进行,不得无故缺席或迟到早退;不得擅自改变地点或离开现场。实习或实验过程中或结束时,发现仪器工具有遗失、损坏情况,应立即报告指导老师,同时要查明原因,根据情节轻重,给予适当赔偿和处理。

3. 在实验中认真地观看指导老师进行的示范操作,在实验过程中严格按操作规则进行仪器操作。

4. 实验或实习结束时,应提交书写工整、规范的实验报告和实习记录,清点交还仪器工具,结束工作。

三、测量仪器使用规则

测量仪器是精密光学仪器,或是光、机、电一体化的贵重设备,对仪器的正确使用,精心爱护和科学保养,是测量人员必须具备的素质,也是保证测量成果的质量、提高工作效率的必要条件。在使用测量仪器时应养成良好的工作习惯,严格遵守下列规则。

1. 仪器的携带

携带仪器前,检查仪器箱是否扣紧,拉手和背带是否牢固。

2. 仪器的安装

(1) 安放仪器的三脚架必须稳固可靠,特别注意伸缩腿稳固。

(2) 从仪器箱提取仪器时,应先松开制动螺旋,用双手握住仪器支架或基座,放到三脚架上。一手握住仪器,一手拧连接螺旋,直至拧紧。

(3) 仪器取出后,应关好箱盖,不准在仪器箱上坐人。

3. 仪器的使用

(1) 仪器安装在三脚架上之后,无论是否观测,观测者都必须守护仪器。

(2) 阳光强烈时，应撑伞给仪器遮阳。雨天禁止使用仪器。

(3) 仪器镜头上的灰尘、污痕，只能用软毛刷和镜头纸轻轻擦去。不能用手指或其他物品擦，以免磨坏镜面。

(4) 转动仪器时应先松开制动螺旋，再平稳转动。使用微动螺旋时，应先旋紧制动螺旋。

(5) 使用仪器进行观测前应合理调整各部分螺旋，制动螺旋应松紧适度，微动螺旋和脚螺旋应居中设置，保留双向旋转余地。

4. 仪器的搬迁

(1) 贵重仪器或搬站距离较远时，必须把仪器装箱后再搬。

(2) 水准仪近距离搬站，先检查连接螺旋是否旋紧，松开各制动螺旋，收拢三脚架，一手握住仪器基座或照准部，一手抱住脚架，稳步前进。

5. 仪器的装箱

(1) 从三脚架取下仪器时，先松开各制动螺旋，一手握住仪器基座或支架，一手拧松连接螺旋，双手从架头上取下装箱。

(2) 在箱内将仪器正确就位后，拧紧各制动螺旋，关箱扣紧。

四、外业记录规则

1. 各项记录必须直接记入规定的表格内，不准另以纸条记录事后誊写，凡记录表格上规定应填写的项目不得空白，记录与计算均应用绘图铅笔 2H 或 3H 记载。

2. 观测者读数后，记录者应在记录的同时回报读数，以防听错、记错。记录的数据应写齐规定的字数，表示精度或占位的“0”均不能省略。如水准尺读数 1.43m 应记作 1.430m，角度读数 $35^{\circ}7'2''$ 应记作 $35^{\circ}07'02''$ 。

3. 禁止擦拭、涂改。记录数字若有错误应在错误数字上划一斜杠，将改正数据记在原数上方。所有记录的修改和观测成果的淘汰，必须在备注栏注明原因，如测错、记错或超限等。

4. 原始观测数据的尾数部分不准更改，该部分观测废去重测。废去重测的范围如表 1-1 所示。

观测数据中不准更改与重测的范围 表 1-1

测量种类	不准更改的部位	应重测的范围
角度测量	分和秒的读数	一测回
距离测量	厘米和毫米的读数	一尺段
水准测量	厘米和毫米的读数	一测站

5. 禁止连续更改，如水准测量的黑、红读数，角度测量中的盘左、盘右读数，距离测量中的往、返读数等，均不能同时更改，否则重测。

6. 数据计算时，应根据所取位数按 4 舍 6 入，5 前单进双舍的规则进行凑整。例如，若取至毫米则 1.4564m、1.4556m、1.4565m、1.4555m 都应记为 1.456m。

7. 每测站观测结束后，必须在现场完成规定的计算和检核，确认无误后方可迁站。

第二部分 水准测量

实验一 水准仪的认识及使用

一、实验目的

1. 了解水准仪的构造及各调节螺旋的作用。
2. 正确地使用水准仪测定高差。

二、实验仪器

DS₃型水准仪 1 台、S₃型自动安平水准仪 1 台、水准尺 1 对、尺垫 1 对、铅笔、草稿纸。

三、实验原理

水准测量的原理：根据已知点高程，利用水准仪提供的水平视线，测量地面高程已知点和未知点之间的高差，从而推算未知点的高程。水准测量的方法主要有高差法和视线高法两种。

1. 高差法

主要通过测量两点间的高差推算未知点高程，适用于单点高程的测量。测量原理如图 2-1 所示，其中 A 为已知高程点，B 为未知高程点，计算公式：

$$h_{AB} = a - b$$

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b)$$

式中： h_{AB} 为 A、B 间的高差， a 为后视读数， b 为前视读数， H_A 为 A 点高程， H_B 为 B 点高程。

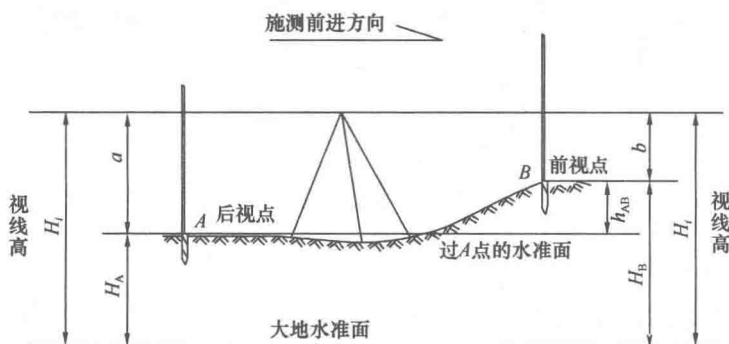


图 2-1 水准测量原理

2. 视线高法

首先计算水准仪的视线高，再由水准仪视线高减去各待测点水准尺的前视读数推算待

测点高程，适用于多点高程的测量。测量原理如图 2-1 所示，计算公式：

$$H_i = H_A + a$$
$$H_B = H_i - b$$

其中， H_i 为水准仪的视线高。

四、实验步骤

1. 指导教师讲解水准仪的构造及技术操作方法。

2. 水准仪操作

(1) 安置脚架

三脚架头应大致水平。架头如不水平，应固定两条脚，调整第三条脚，直到架头大致水平，踩实脚架。地面倾斜较大时，应将一个脚安置在倾斜方向上，将另外两个脚安置在与倾斜方向垂直的方向上。

(2) 粗平

水准仪的粗平主要以圆水准器为依据，当圆水准器气泡居中时，仪器概略水平。圆水准器气泡居中调节方法：

先将仪器用连接螺栓固定在三脚架上，踏实两脚，调整另一脚使圆水准器气泡概略居中。

转动脚螺旋使气泡居中。脚螺旋的旋转方向与气泡移动方向之间的关系如图 2-2 所示，气泡移动的方向与左手大拇指旋转时的移动方向一致。

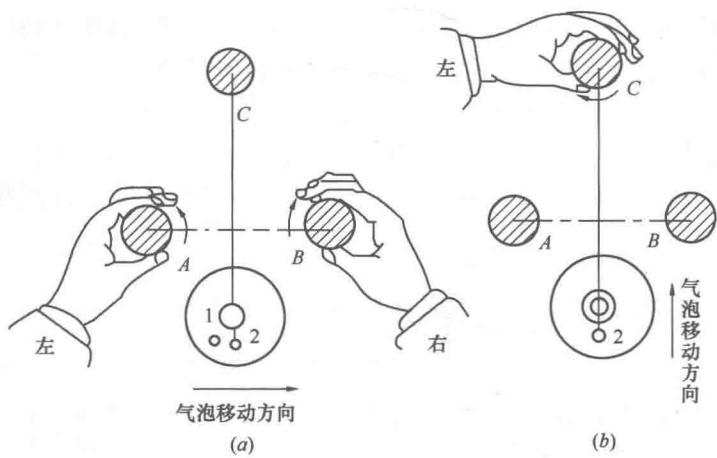


图 2-2 圆水准器整平

(3) 瞄准

首先用望远镜对着明亮背景，转动目镜对光螺旋，使十字丝清晰可见。然后松开制动螺旋，转动望远镜，利用镜筒上的准星和照门照准水准尺，旋紧制动螺旋。在望远镜中发现目标后，调节物镜调焦螺旋，使尺像清晰，然后用微动螺旋准确瞄准。眼睛上、下晃动，十字丝交点总是指在标尺物像的一个固定位置，即无视差现象，如图 2-3 (a) 所示。如果十字丝交点所指位置与标尺物像相对移动，即存在视差，如图 2-3 (b) 所示，应通过反复调节目镜调焦螺旋和物镜调焦螺旋加以消除。

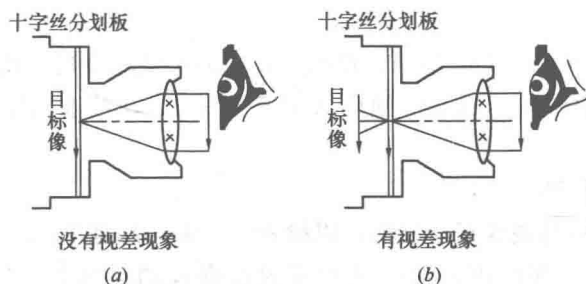


图 2-3 水准仪视差示意图

(4) 精平

用微倾螺旋调整水准管气泡居中，使视线精确水平。转动微倾螺旋使水准管的符合水准气泡两端的影像符合。注意：转动微倾螺旋不宜太快，微倾螺旋转动方向与符合水准气泡左侧影像移动方向一致，如图 2-4 所示。

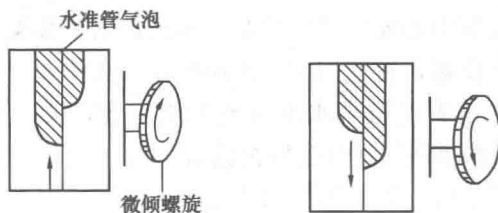


图 2-4 水准仪精平调节

(5) 读数

仪器精平后应立刻用十字丝的中丝在水准尺读数。读数应根据从小到大的原则进行，先估读毫米，再全部读出。一般用十字丝中丝读取米、分米、厘米、估读出毫米位数字，并用铅笔记录。如图 2-5 所示，十字丝中丝的读数为 0907mm（或 0.907m）；十字丝下丝的读数为 0989mm（或 0.989m）；十字丝上丝的读数为 0825mm（或 0.825m）。

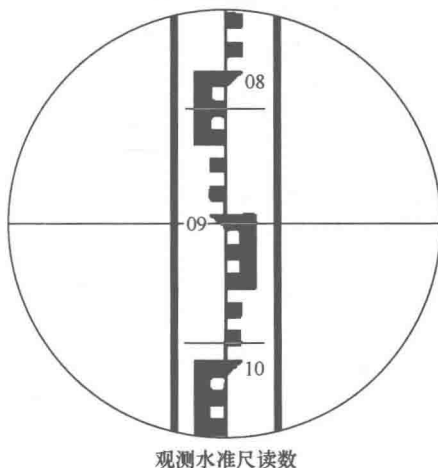


图 2-5 水准仪读数视窗

3. 高差的测定

在地面上选择相距 40~50m 的 A、B 两点，安放尺垫后立尺。将水准仪安置在 A、B 两点等距离处，整平圆气泡，瞄准后视尺 A 精平读数 a ，再瞄准前视尺 B 精平读数 b 。

则高差 $h=a-b$

五、数据记录与处理

通常采用两次仪器高法或双面尺法，以检查每一测站的高差。

1. 两次仪器高法：在两水准尺间两次安置水准仪测量高差。如果两次高差不大于 $\pm 5\text{mm}$ ，则取两次平均值作为这一测站的高差。

2. 双面尺法：在同一测站分别用水准尺黑面和红面两次测量高差。双面尺的黑面尺底部从零向上注记，而红面尺底部从某一常数向上注记。在每一站上，不变仪器高，分别读取黑面尺的前、后视读数，得高差 $h_{\text{黑}}$ ，和读取红面尺的前、后视读数，得高差 $h_{\text{红}}$ ，若两高差之差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ，则取两高差的平均值作为该测站的高差。

六、注意事项

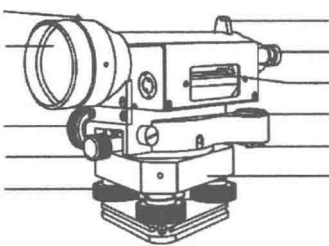
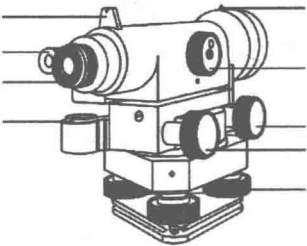
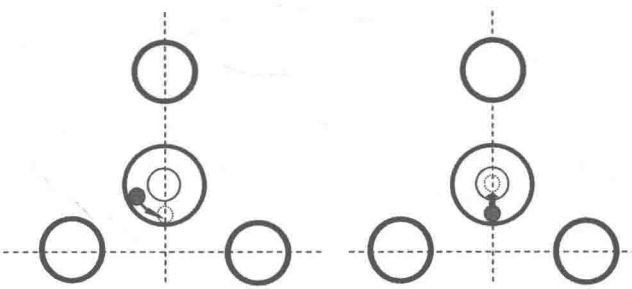
1. 安置仪器时应将仪器中心连接螺旋拧紧，防止仪器从脚架上脱落下来。
2. 水准仪为精密光学仪器，在使用中要按照操作规程作业，各个螺旋要正确使用。
3. 在读数前务必将水准器的符合水准气泡严格符合，读数后应复查气泡符合情况，如出现气泡错开，应立即重新将气泡符合后再读数。
4. 转动各螺旋时要稳、轻、慢，不能用力太大。
5. 发现问题，及时向指导教师汇报，不能自行处理。
6. 水准尺必须有人扶着，决不能立在墙边或靠在电杆上，以防摔坏水准尺。
7. 螺旋转到头要回转回来少许，切勿继续再转，以防脱扣。

七、实验报告的格式及撰写要求

填写实验报告。

实验报告一

日期： 班级： 组别： 姓名： 学号：

实验题目		成绩	
实验目的			
1. 标明水准仪部件名称			
			
2. 用箭头标明如何调节脚螺旋才能使圆水准器气泡居中			
			
3. 什么是视差？产生视差的原因是什么？怎样消除视差？			
4. 实验总结			

水准仪的认识与使用观测练习记录表

班级、小组_____ 仪器号_____ 观测员_____ 记录员_____

点名	后视读数	前视读数	高 差	备 注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

实验二 普通水准测量

一、实验目的

1. 正确地掌握普通水准测量一个测站的工作程序及施测方法。
2. 正确地掌握水准仪的观测、记录、计算及成果校核。

二、实验仪器

DS₃型水准仪 1 台、水准尺 1 对、尺垫 1 对、记录板 1 块。

三、实验原理

水准测量是利用水平视线来求得两点的高差。

基本测法：如图 2-6 所示，从已知高程点 A 出发，测出 A 点到 B 点的高程之差，即高差 h_{AB} ，则 B 点高程 H_B 为： $H_B = H_A + h_{AB}$

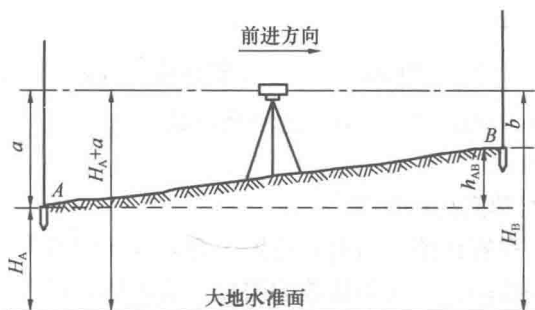


图 2-6 水准测量原理

在 A、B 两点上各立一根尺子（水准尺），在 A、B 之间安置一架可以得到水平视线的仪器（水准仪），由水平视线在尺子上读数，分别为后视读数 a 、前视读数 b ，则两点的高差 $h_{AB} = a - b$ 。这其中的关键是水准仪能够给出水平视线。

注意：

1. 高差 h_{AB} 本身可正可负，当 a 大于 b 时 h_{AB} 为正，此时 B 点高于 A 点；当 a 小于 b 时 h_{AB} 为负，即 B 点低于 A 点。
2. 高差 h_{AB} 的书写其下标的次序是固定的，不能随意变换， h_{AB} 表示从 A 到 B 的高差，A 为后视点，B 为前视点； h_{BA} 则表示从 B 到 A 的高差，A 为前视点，B 为后视点。

四、实验步骤

1. 择定一闭合水准路线，其长度以 4~6 个测站为宜。确定起点及水准路线前进方向，并假定起点高程 H_0 。
2. 沿选定的水准路线逐站进行观测，测量时，每个测站可采用变更仪器高法进行校核。该法在测站观测中获得一次高差观测值 h' 之后，变动水准仪的高度再进行二次高差观测，获得新的高差观测值 h'' ，然后取两个高差的平均值作为本站高差。
3. 每个测站的观测过程：观测者首先应整平仪器，然后照准后视尺，对光、调焦、消除视差。慢慢转动微倾螺旋，将管水准器的气泡严格符合后，读取中丝读数，记录员将

读数记入记录表中。紧接着照准前视尺，用同样的方法读取前视读数。记录员记录前、后视读数后，应立即计算本站高差。

4. 测完一站，搬仪器至下一站，前视尺不动，变为下一测站的后视尺，原后视尺前移作为该测站的前视尺。

5. 计算校核 $\sum a_i - \sum b_i = \sum h_i$ ，若等式成立说明计算无误。

6. 计算校核该闭合水准路线的闭合差 $f_h = \sum h_i$ ，如果： $f_h < f_{h容}$ ，说明测量结果符合要求，即可算出各立尺点高程。否则，说明观测结果不符合精度要求，需进行重测。

五、数据记录与处理

1. 高差闭合差及其允许值的计算。

2. 高差闭合差 f_h ：实测高差与水准路线理论高差之间的差值。

(1) 附合水准路线： $f_h = \sum h_{测} - (H_{终} - H_{始})$

(2) 闭合水准路线： $f_h = \sum h_{测}$

(3) 支水准路线： $f_h = \sum h_{往} - \sum h_{返}$

3. 高差闭合差的容许值 $f_{h容}$

平地： $f_{h容} = \pm 40 \sqrt{L}$ ，单位“mm”， L 为水准路线长度，以“km”计；

山地： $f_{h容} = \pm 12 \sqrt{n}$ ，单位“mm”， n 为测站总数。

4. 精度要求： $f_h < f_{h容}$ 。

5. 高差闭合差的分配和高程的计算。

当实际的高程闭合差在容许值以内时，可把闭合差分配到各测段的高差上。显然，高程测量的误差是随水准路线的长度或测站数的增加而增加的，所以分配的原则是把闭合差以相反的符号根据各测段路线的长度或测站数按比例分配到各测段的高差上。故各测段高差的改正数为：

$$v_i = -\frac{f_h}{\sum n} \cdot n_i \quad \text{或} \quad v_i = -\frac{f_h}{\sum L} \cdot L_i$$

式中， v_i 为改正数， n_i 为每一测段的测站数， L_i 为每个测段的长度 (km)。

六、注意事项

1. 每次读数前必须检查符合气泡是否居中 (精平)；

2. 各站进行变更仪器高法观测，两次读数的高差不大于 5mm 时，后视尺才可移尺，前视尺原地不动；

3. 迁站时按要求搬拿仪器，注意仪器安全；

4. 观测时，站点的设立应使前、后视距大致相等；

5. 中丝读数应读至毫米。

七、实验报告的格式及撰写要求

1. 填写实验报告。

2. 整理提交闭合水准路线记录表与计算表。

实 验 报 告 二

日期： 班级： 组别： 姓名： 学号：

实验题目		成绩	
实验目的			
1. 闭合水准路线示意图			
2. 水准测量测站操作的步骤			
3. 实验总结			

水准测量记录表

日期_____

仪器_____

观测_____

天气_____

地点_____

记录_____

测点		水准尺读数		高差 (m)		高 程 (m)	备注
		后视 (a)	前视 (b)	+	-		
计算校核	Σ						
	Σ a _i - Σ b _i =			Σ h _i =			